



#5
BT
9-20-02

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

RECEIVED
AUG 23 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

In re application of

Docket No: Q68782

Takashi ONO, et al.

Appln. No.: 10/084,968

Group Art Unit: 2872

Confirmation No.: 2226

Examiner: Unknown

Filed: March 1, 2002

For: METHOD AND CIRCUIT FOR GENERATING SINGLE-SIDEBAND OPTICAL
SIGNAL

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of Japanese Patent Application No. 2001-057788,
the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The
Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

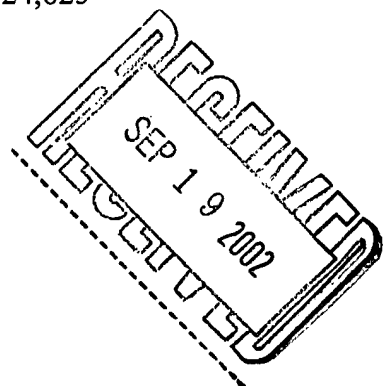
Respectfully submitted,

J. Frank Osha
Registration No. 24,625

SUGHRUE MION, PLLC
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20037-3213
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: Japanese Patent Application No. 2001-057788

Date: AUG 21 2002



Best Available Copy



本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

Ono et al
App'n 10/84,9
Filed: 3/1/02
Q 68782

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月 2日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-057788

出 願 人

Applicant(s):

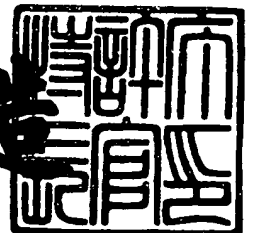
日本電気株式会社
住友大阪セメント株式会社
独立行政法人通信総合研究所

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年12月14日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 33509808

【提出日】 平成13年 3月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/01
G02F 2/00
G02B 6/00
H04B 10/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

【氏名】 小野 隆志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区神田美土代町1番地 住友大阪セメント株式会社内

【氏名】 下津 臣一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市貫井北町四丁目2番1号 総務省通信総合研究所内

【氏名】 井筒 雅之

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000183266

【氏名又は名称】 住友大阪セメント株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 301001775

【氏名又は名称】 総務省通信総合研究所長

【代理人】

【識別番号】 100071272

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 洋介

【選任した代理人】

【識別番号】 100077838

【弁理士】

【氏名又は名称】 池田 憲保

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012416

【納付金額】 14,000円

【その他】 国以外のすべての者の持分の割合 2 / 3

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0018587

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 単一側波帯信号光の生成方法およびその回路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 搬送波光を第 1 の搬送波光と第 2 の搬送波光とに 2 分岐し、一方で前記第 1 の搬送波光を第 1 の光位相変調器を用い所要のデータ信号に対してチャープレスで $0 - \pi$ 光位相変調して第 1 の位相変調光を生成し、他方で、入力する前記データ信号のビット周期に対し $\pi / 2$ に相当する遅延を有するビット遅延データ信号を生成し、前記第 2 の搬送波光を第 2 の光位相変調器を用い前記ビット遅延データ信号に対してチャープレスで $0 - \pi$ 光位相変調して第 2 の位相変調光を生成し、前記第 1 の位相変調光と前記第 2 の位相変調光とをそれぞれの搬送波の位相差が 90 度となるように合波して単一側波帯信号光を生成することを特徴とする単一側波帯信号光の生成方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記第 1 の光位相変調器および前記第 2 の光位相変調器それぞれがチャープレスのマッハツエンダ干渉計型光変調器で構成されることを特徴とする単一側波帯信号光の生成方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、前記第 1 の光位相変調器および前記第 2 の光位相変調器それぞれが両アームの電極を駆動するプッシュプル駆動マッハツエンダ干渉計型光変調器で構成されており、前記第 1 の光位相変調器を前記データ信号とこのデータ信号の反転データ信号とでプッシュプル駆動して所要の信号に対してチャープレスで $0 - \pi$ 光位相変調し、前記第 2 の光位相変調器を前記ビット遅延データ信号とこのビット遅延データ信号のビット遅延反転データ信号でプッシュプル駆動して所要の信号に対してチャープレスで $0 - \pi$ 光位相変調することを特徴とする単一側波帯信号光の生成方法。

【請求項 4】 搬送波光を所要のデータ信号に対してチャープレスで $0 - \pi$ 光位相変調して生成された単一側波帯信号光を光フィルタに通した後、受光器で直接検波し、前記受光器の出力信号から残留強度変調成分の大きさを検出し、前記残留強度変調成分の大きさが常に最小となるように前記光フィルタの中心周波数を制御することを特徴とする単一側波帯信号光の生成方法。

【請求項5】 搬送波光を所要のデータ信号に対してチャープレスで $0-\pi$ 光位相変調して生成された単一側波帯信号光を光フィルタに通した後、受光器で直接検波し、前記受光器の出力信号から残留強度変調成分の大きさを検出し、前記残留強度変調成分の大きさが常に最小となるように前記搬送波光の発振周波数を制御することを特徴とする単一側波帯信号光の生成方法。

【請求項6】 請求項1において生成される前記単一側波帯信号光の搬送波周波数と等しい周波数の搬送波光を前記単一側波帯信号光と足し合わせて送出することを特徴とする単一側波帯信号光の生成方法。

【請求項7】 第1のマッハツエンダ干渉計の両アームそれぞれに第2および第3のマッハツエンダ干渉計を集積した構造を有し、入力する搬送波光を分岐して生成された、前記第2および第3のマッハツエンダ干渉計それぞれの出力信号を合成した単一側波帯信号光を出力する単一側波帯光変調器を有する単一側波帯信号光の生成回路において、前記第2のマッハツエンダ干渉計に入力するデータ信号がNRZ信号の場合に前記第3のマッハツエンダ干渉計に入力するデータ信号を0.5ビット遅延させる遅延器を備え、前記第2のマッハツエンダ干渉計に入力するデータ信号がRZ信号の場合に前記第3のマッハツエンダ干渉計に入力するデータ信号を0.25ビット遅延させる遅延器を備えることを特徴とする単一側波帯信号光の生成回路。

【請求項8】 請求項7において、前記単一側波帯光変調器から入力する単一側波帯信号光を通過させ帯域制限する光フィルタと、当該光フィルタの出力を分岐する光分波器と、一方の分岐された信号光を直接検波して送出する受光器と、当該受光器から受ける信号光に残留する強度変調成分の大きさを検出して出力する残留強度変調成分検出器と、検出される残留強度変調成分の大きさが常に最小となるように入力する前記搬送波光の周波数を制御する制御器とを更に備えることを特徴とする単一側波帯信号光の生成回路。

【請求項9】 請求項7において、前記単一側波帯光変調器から入力する単一側波帯信号光を通過させ帯域制限する光フィルタと、当該光フィルタの出力を分岐する光分波器と、一方の分岐された信号光を直接検波して送出する受光器と、当該受光器から受ける信号光に残留する強度変調成分の大きさを検出して出力

する残留強度変調成分検出器と、検出される残留強度変調成分の大きさが常に最小となるように前記光フィルタの中心周波数を制御する制御器とを更に備えることを特徴とする単一側波帯信号光の生成回路。

【請求項10】 請求項9において、前記フィルタは、非対称マッハツエンダ干渉計で構成され、一方のアームの電極に電界をかけることにより、前記単一側波帯光変調器から入力する単一側波帯信号光の中心周波数を制御する光フィルタ部であり、前記制御器は、検出される残留強度変調成分の大きさが常に最小となるように前記光フィルタ部の前記電極の電界を制御して中心周波数を制御することを特徴とする単一側波帯信号光の生成回路。

【請求項11】 請求項8または請求項9において、入力する前記搬送波光を分岐し位相制御用の電極を有する導光路であって、分岐された前記搬送波光に前記電極から位相制御用バイアスを供給して光位相を適切に調整して出力側で前記光フィルタから送出される信号光と合波する局部発振光路を更に備えることを特徴とする単一側波帯信号光の生成回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、単一側波帯（SSB）光変調方式を用いて光ファイバ通信に用いられる単一側波帯信号光を生成する方法およびその回路に関し、特に90度ハイブリッド回路の使用を回避できる単一側波帯信号光の生成方法およびその回路に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ通信システムの伝送容量を増加するためには、ビットレイトの高速化と共に波長多重（WDM）技術の適用が有効である。現在では、一波長あたりビットレイト10Gb/sの信号光を、周波数間隔50GHz（1.55μmの波長帯で波長間隔0.4nmに相当）で波長多重して伝送するWDM光伝送システムが実用化されている。さらなる高密度多重を考えた場合、光スペクトル幅の狭い単一側波帯（SSB）変調方式を用いた光送信器の使用が有効である。SS

B変調方式自体は、無線通信の分野で広く使われている技術であり、これを光通信に適用したときの光送信器の構成は無線通信の場合との類似点が多い。また、最近の光変調器には、バイアス調整により90度までの移相ができるところのマッハツエンダ干渉計を形成した回路が採用されている。

【0003】

従来、この種の単一側波帯信号光の生成方法またはその回路には、例えば、特開昭61-13231号公報で開示された光信号増幅器および光伝送システムが挙げられる。この増幅器の集積化光装置としては、例えば図9に示されるようなSSB変調器110がある。このSSB変調器110は、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)基板上に光導波路でマッハツエンダ干渉計を形成し、導波路上の電極111~113に適切な電界を印可することによってSSB信号光を発生させている。

【0004】

図示されるように、半導体レーザ110から出射される連続(CW)光は、搬送波として二つに分岐し、一方を、電極111に90度位相用バイアスを印加して搬送波である光の位相を90度($\pi/2$)シフトさせたのちに中間周波数(IF)帯のマイクロ波信号を電極112に印加して位相変調する。他方の搬送波は90度ハイブリッド回路である90度移相器114を介して位相が90度シフトされた上記マイクロ波信号が電極113に印加することにより位相変調される。このように位相変調されたそれぞれの信号光を合波させることにより出力となるSSB信号光を得ることができる。

【0005】

また別の従来例として、2000年3月の第25回光ファイバー通信会議(OFCC200の学会)で下津ほかにより発表された図10に示されるようなニオブ酸リチウム基板に形成されたSSB変調器210がある。このSSB変調器210は、サイドバンド発生部211とサイドバンド抑制部212とにより構成されている。サイドバンド発生部211は、マッハツエンダ干渉計213の両アームそれぞれにマッハツエンダ干渉計214, 215を集積して形成されている。

【0006】

一方のマッハツエンダ干渉計 214 は、10GHz の単一周波数信号およびこの反転信号により駆動される。他方のマッハツエンダ干渉計 215 は、10GHz の単一周波数信号と 90 度の位相差を有する信号とこの反転信号により駆動される。

【0007】

すなわち、マッハツエンダ干渉計 213 は、両アームの 2 つのマッハツエンダ干渉計 214, 215 を、上述したような適切な位相差を持たせた 10GHz の単一周波数信号で駆動し SSB 信号光を発生させている。このような両アームの 2 つのマッハツエンダ干渉計をそれぞれプッシュプル変調することによって、不要なチャープなしに $0 - \pi$ の位相変調を行っている。

【0008】

また、両アームにおける信号光の搬送波の位相差を 90 度にするために、それぞれのポートに印可するバイアスを調整することによって位相差を発生させている。すなわち、上記図 9 を参照して説明したような、90 度位相に対する専用の電極を設けなくても、位相差を発生させることができる。

【0009】

また、図示されていないが、例えば特開平 11-249094 号公報に開示された導波路型光変調器および光変調方法がある。これは、上記図 10 を参照して説明した SSB 変調器と同様の手法で周波数 ω_0 の搬送波を SSB 変調し、この SSB 信号光と異なる周波数 ω_1 の信号光を合波して送信する方法である。この方法では、周波数 ω_0 の搬送波を 2 つの搬送波（周波数 ω_1 と ω_2 ）に変換し、その一方の周波数の信号光（ ω_1 ）を混ぜ合わせることによって打ち消し合いさせることにより、ひとつの搬送波（ ω_2 ）だけを残存させている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上述した従来の単一側波帯信号光の生成方法またはその回路では、次のような問題点がある。

【0011】

第 1 の問題点は、マイクロ波に対して、光通信で一般に使われている広帯域ベ

ースバンド信号を使ってSSB信号光を発生させることができないことである。

【0012】

その理由は、マイクロ波の90度位相シフトのために使われる90度ハイブリッド回路に対し直流(DC)付近の低周波から高周波まで、広帯域にわたって動作するものがないからである。

【0013】

また、第2の問題点は、チャープレスの光位相変調器の実現が困難であることと、実現できたとしても高密度多重化の妨げになるということである。

【0014】

その理由は、マッハツエンダ干渉計の正弦波状の電圧-光出力特性に起因する非線形性のために、余分な高周波成分がSSB信号光に残留するからである。

【0015】

これを、図11、12および図13を併せ参照して、次に説明する。

【0016】

図11に示されここで用いられるSSB変調器310は、マッハツエンダ干渉計311の両アームそれぞれにマッハツエンダ干渉計312、313を集積した上記図10のサイドバンド発生部と同様なタイプで、一方のマッハツエンダ干渉計313には直列に90度移相器314が接続され、合成してSSB信号光を出力している。ここでデータを取るためSSB変調器310を駆動するデータ信号にはビットレイト10Gb/sのNRZ(Non Return to Zero)データ信号を用いる。

【0017】

従って、一方のマッハツエンダ干渉計312は、10Gb/sのデータ信号およびこの反転信号により駆動され、信号光saを出力する。他方のマッハツエンダ干渉計313は10Gb/sのデータ信号と90度の位相差を有する信号とこの反転信号により駆動され、この出力が90度移相器314を介して信号光sbとなる。これらの信号光saおよび信号光sbが合波されSSB信号光scとなる。

【0018】

次に、図12を参照してフェイザー表示で示す信号光 s_a , s_b , s_c それぞれの状態について説明する。フェイザー表示は、各時刻の光の振幅と位相をベクトルで表し、振幅を原点からの距離、位相をX軸からの回転角度で表示したものである。変調信号光の場合は、図示されるように、ベクトルの位置が時間と共に移動するため、変調信号光の動きや経路を直感的に理解するのに役立つ。

【0019】

半波長電圧 (V_π) と等しい振幅のデータ信号と反転データ信号で、一方のマッハツエンダ干渉計312をプッシュプル駆動する。このときデータ信号のマーク(1)とスペース(0)の両方ともマッハツエンダ干渉計312の出力特性のピークに合わせることで、図示されるように「 $0-\pi$ 」の位相変調信号光を得ることができる。同様に、90度移相シフト遅延データ信号と90度移相シフト遅延反転データ信号で、他方のマッハツエンダ干渉計313をプッシュプル駆動し、位相変調信号光を得る。この2つの位相変調信号光を、90度の光位相差となるように足し合わせることで、SSB信号光 s_c を得ることができる。フェイザー表示より、マーク(1)とスペース(0)の間を遷移する際に、原点に戻ることなく位相回転によって移っていることがわかる。これら特徴はSSB信号光特有のものである。

【0020】

図13には、このSSB信号光 s_c の光スペクトルおよびホモダイン検波受信波形それぞれを示す。

【0021】

この光スペクトルより、搬送波成分および搬送波周波数に対して低周波数成分が抑圧されていることがわかる。また、このこのSSB信号光に、搬送波と等しい周波数の搬送波光を足し合わせた後、受光器で受信することによって、光ホモダイン検波によりデータ信号を復調することができる。この搬送波光を受信器において発生させてSSB信号光と合波し、受信した場合、この構成は光ホモダイン受信器と呼ばれる。また、搬送波光を送信器においてSSB信号光と合波し、送信することもできる。この場合、受信器には一般に広く使われている直接検波受信器を使用することができる。しかし、この場合もホモダイン検波受信が行わ

れていることに注意が必要である。また、光ホモダイン検波のために足し合わせる搬送波光の周波数は、SSB信号光の搬送波周波数と等しい。

【0022】

このようにしてSSB信号光を発生させることができるが、ここで示す方法では、光スペクトルにまだ不要な成分が残っている。また、フェイザー表示において、トレースが円を描いておらず原点からの距離が変化していることから、残留強度変調成分が存在することがわかる。

【0023】

本発明の課題は、このような問題点を解決し、90度ハイブリッド回路を用いずに比較的簡単な構成で、狭帯域性に優れたSSB信号光を発生させることのでき、更に、余分な高周波成分を大幅に除くことができる単一側波帯信号光の生成方法を提供することである。

【0024】

【課題を解決するための手段】

本発明による単一側波帯信号光の生成方法は、搬送波光を第1の搬送波光と第2の搬送波光とに2分岐し、一方で前記第1の搬送波光を第1の光位相変調器を用い所要のデータ信号に対してチャープレスで $0-\pi$ 光位相変調して第1の位相変調光を生成し、他方で、入力する前記データ信号のビット周期に対し $\pi/2$ に相当する遅延を有するビット遅延データ信号を生成し、前記第2の搬送波光を第2の光位相変調器を用い前記ビット遅延データ信号に対してチャープレスで $0-\pi$ 光位相変調して第2の位相変調光を生成し、前記第1の位相変調光と前記第2の位相変調光とをそれぞれの搬送波の位相差が90度となるように合波して単一側波帯信号光を生成することを特徴としている。

【0025】

従って、この方法においては、NRZデータ信号に対するビット遅延データ信号に0.5ビットの遅延データ信号、またRZデータ信号には0.25ビットの遅延データ信号それぞれが用いられる。

【0026】

すなわち、本発明では90度ハイブリッド回路の代わりに固定の遅延器を用い

る。具体的には、駆動信号がNRZ (Non return to zero) 信号の場合は「0.5」ビット遅延器を、RZ (Return to zero) 信号の場合は「0.25」ビット遅延器をそれぞれ用いる。固定の遅延器を用いた場合、遅延量を τ とすると「 $1/4\tau$ 」の周波数成分に対してのみ90度($\pi/2$)シフトとなり、他の周波数成分に対しては90度シフトからずれる。また、このような簡便な手法で発生させたSSB信号光の光スペクトルの狭帯域化を図ることができる。

【0027】

また、上述した第1の光位相変調器および第2の光位相変調器それぞれはチャープレスのマッハツエンダ干渉計型光変調器で構成されることが好ましい。更に上述した第1の光位相変調器および前記第2の光位相変調器それぞれは、両アームの電極を駆動するプッシュプル駆動マッハツエンダ干渉計型光変調器で構成されており、前記第1の光位相変調器を前記データ信号とこのデータ信号の反転データ信号とでプッシュプル駆動して所要の信号に対してチャープレスで $0-\pi$ 光位相変調し、前記第2の光位相変調器を前記ビット遅延データ信号とこのビット遅延データ信号のビット遅延反転データ信号でプッシュプル駆動して所要の信号に対してチャープレスで $0-\pi$ 光位相変調することが望ましい。

【0028】

また、本発明による単一側波帯信号光の生成方法は、搬送波光を所要のデータ信号に対してチャープレスで $0-\pi$ 光位相変調して生成された単一側波帯信号光を光フィルタに通したのちに受光器で直接検波し、前記受光器の出力信号から残留強度変調成分の大きさを検出し、前記残留強度変調成分の大きさが常に最小となるように前記光フィルタの中心周波数を制御することを特徴とする。また、光フィルタに通したのちに受光器で直接検波し、前記受光器の出力信号から残留強度変調成分の大きさを検出し、前記残留強度変調成分の大きさが常に最小となるように前記搬送波光の発振周波数を制御することもできる。

【0029】

このように、SSB信号光を光フィルタに通すことは、不要な残留強度変調成分を抑圧することができる。残留強度変調成分が最小となるように、光フィルタの中心周波数または搬送波周波数を制御することによって、後述するように、よ

り理想的なSSB信号光を得ることができる。

【0030】

また、上述した手段により生成される単一側波帯信号光の搬送波周波数と等しい周波数の搬送波光を前記単一側波帯信号光と足し合わせて送出することもできる。

【0031】

上述した本発明による生成方法を具体化した生成回路としては、第1のマッハツエンダ干渉計の両アームそれぞれに第2および第3のマッハツエンダ干渉計を集積した構造を有し、入力する搬送波光を分岐して生成された、前記第2および第3のマッハツエンダ干渉計それぞれの出力信号を合成した単一側波帯信号光を出力する単一側波帯光変調器を有する単一側波帯信号光の生成回路において、前記第2のマッハツエンダ干渉計に入力するデータ信号がNRZ信号の場合に前記第3のマッハツエンダ干渉計に入力するデータ信号を0.5ビット遅延させる遅延器を備え、前記第2のマッハツエンダ干渉計に入力するデータ信号がRZ信号の場合に前記第3のマッハツエンダ干渉計に入力するデータ信号を0.25ビット遅延させる遅延器を備えることを特徴としている。

【0032】

また、生成回路は、光フィルタ、受光器、残留強度変調成分検出器、および制御器を更に備えて、出力される信号光の残留強度変調成分の大きさが常に最小になるよう制御している。

【0033】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0034】

図1は本発明の実施の一形態を示すブロック図である。図1に示された単一側波帯信号光の生成回路は、10Gb/sのSSB光変調器10を有する送信器に2値のNRZ (Non Return to Zero) データ信号を適用したものである。波長1.55 μ mの半導体レーザ20から出力する搬送波光aを、SSB光変調器10で変調しSSB信号光bを得る。ここで、SSB光変調器1

0は、上記図10での従来例で用いられているニオブ酸リチウム基板上にマッハツエンダ干渉計11に駆動用のマッハツエンダ干渉計12、13を2重に集積したものを備えている。

【0035】

図1において、送信器は、更に、光フィルタ21、識別器22、相補出力増幅器23、25、および0.5ビット遅延器24、並びに光分波器31、受光器32、残留強度変調成分検出器33、および制御器34を備えている。

【0036】

SSB光変調器10は、マッハツエンダ干渉計11の両アームそれぞれにマッハツエンダ干渉計12、13を集積した上記図10のサイドバンド発生部と同一の構造を有し、半導体レーザ20が出力する搬送波光aを分岐して生成されたマッハツエンダ干渉計12、13それぞれの出力信号を合成したSSB信号光bを出力している。

【0037】

すなわち、データ信号s1と反転データ信号s2とが一方のマッハツエンダ干渉計12をプッシュプル駆動し、データ信号s1に対して90度($\pi/2$)の移相の遅れを有する0.5ビット遅延データ信号s3と0.5ビット遅延反転データ信号s4とが他方のマッハツエンダ干渉計13をプッシュプル駆動する。これら駆動信号を得るために、はじめに、伝送すべきデータ信号を識別器22でクロック信号のタイミングに応じて識別再生し、識別された相補的な一組のデータ信号(データ信号および反転データ信号)を得る。相補的な一組のデータ信号出力を使うことは、データ信号を分岐する動作も兼ねている。

【0038】

識別された一方のデータ信号は相補出力アンプ23に入力され、その2つの出力それぞれに加算器によりバイアス電源から適切なバイアス電圧が付加されて、データ信号s1および反転データ信号s2それぞれが得られる。

【0039】

他方の識別された反転データ信号は、0.5ビット遅延器24に介して相補出力アンプ25に入力し、その相補出力アンプ25の2つの出力それぞれに加算器

によりバイアス電源から適切なバイアス電圧が付加されて、0.5ビット遅延データ信号s3および0.5ビット遅延反転データ信号s4それぞれが得られる。このようにして生成されたデータ信号を使ってSSB光変調器10を駆動することにより、上記図13に示されるような光スペクトルを持つSSB信号光bを得ることができる。

【0040】

すなわち、90度移相シフトされたデータ信号は、NRZ信号のため「0.5ビット」の遅延器により、「 $\pi/2$ 」の位相遅れを模擬している。

【0041】

上記図13に示されるように、このままでは、光スペクトルにまだ不要な成分が残っている。また、図12に示されるフェイザ表示において、トレースが円を描いておらず原点からの距離が変化していることから、残留強度変調成分が存在することがわかる。

【0042】

このような不要な光スペクトル成分を除去するため、図1におけるSSB光変調器10が生成したSSB信号光bを光フィルタ21に通した場合の、光スペクトル、フェイザ表示、残留強度変調成分、およびホモダイン検波受信波形それぞれをシミュレーションして図2から図4までに示す。

【0043】

光フィルタ21はレイズドコサインフィルタを仮定し、3dB帯域幅は12.5GHz(0.1nm)とした。また、信号光の搬送波周波数に対して、光フィルタ21の中心周波数を、図2の「+1.9GHz」と、図3の「+4.4GHz」と、図4の「+6.9GHz」とのそれぞれの場合について演算した。これらの計算結果から、光フィルタ21は、図3に示される、中心周波数「+4.4GHz」の場合に最も残留強度変調成分が抑圧され、フェイザ表示も最も円に近いトレースとなっていることがわかる。また、ホモダイン検波受信波形も最も符号間干渉が小さく、アイダイヤグラムにおいて良好な開口を示している。

【0044】

この結果により、残留強度変調成分が最小となるように光フィルタの中心周波

数を制御することにより、理想的なSSB信号光を得ることができ、良好な受信波形を得ることができることが検証された。また、光フィルタの中心周波数を制御せず、光フィルタの中心周波数を固定し、信号光の波長を制御することでもよい。

【0045】

この理由から、図1において、SSB信号光bは光フィルタ21に通される。その出力である帯域制限されたSSB信号光cは光分波器31で分岐し、一方を送信器出力とし、他方を受光器32に入力して直接検波受信する。この結果、受光器32からSSB信号光cに残留する強度変調成分が出力される。この残留強度変調成分の大きさを残留強度変調成分検出器33で検出し、この残留強度変調成分の大きさが常に最小となるように制御器34を使って、光フィルタ21の中心周波数を制御する。この制御により、SSB信号光cは、狭帯域性と残留強度変調成分抑圧との両方に優れたSSB信号光cとなる。

【0046】

上記の構成で生成したSSB信号光について、ホモダイン検波受信器で受信感度特性を測定した結果、最小受信感度は -35 dBm であり、通常のNRZ信号光の受信感度と遜色ない値であった。また、高密度WDM伝送における最小の周波数（波長）間隔を評価した結果、通常の 10 Gb/s NRZ信号光では 25 GHz 間隔までしか多重できなかったのに対し、本発明で生成したSSB信号光では 15 GHz 間隔まで多重分離することができた。以上の結果から、本発明の有効性が確認された。

【0047】

次に、図5を参照して図1とは別の光フィルタ41の出力を半導体レーザ40にフィードバックする実施形態について説明する。

【0048】

図5では、残留強度変調成分が常に最小となるように半導体レーザ40の注入電流と温度とに対して制御器43がフィードバックをかけることにより、搬送波光aの周波数を制御している。図示されるように、SSB光変調器10を駆動するデータ信号の生成方法は上記図1と同じである。SSB信号光cは光分波器3

1で分岐し、受光器32に入力して直接検波され、受光器32からSSB信号光cに残留する強度変調成分が出力される。この残留強度変調成分の大きさを残留強度変調成分検出器33で検出し、制御器43に渡している。この構成で生成したSSB信号光cも、図1で示された構成のものと同等の受信感度特性と最小周波数間隔特性とを示した。

【0049】

図6では、光フィルタの機能が、SSB光変調器50を構成するニオブ酸リチウム基板上に集積されている。SSB光変調器50は、光変調部51、光フィルタ部52および局部発振光路53により構成される。更に、フィードバック回路として受光器61、残留強度変調成分検出器62、および制御器63が備えられている。

【0050】

光変調部51は上述したものと同一なので説明を省略する。光フィルタ部52は非対称マッハツエンダ干渉計で構成されており、一方のアームの電極に電界をかけることにより、中心周波数を制御することができる。受光器61は光フィルタ部52の出力を受け、残留強度変調成分検出器62を介して残留強度変調成分を受けた制御器63が光フィルタ部52の電極の電界を制御して上述した機能を発揮する。

【0051】

局部発振光路53は、ホモダイン検波受信に必要な局部発振光として、搬送波光aを分岐した導光路である。局部発振光路53は、分岐された搬送波光aに電極から位相制御用バイアスを供給して光位相を適切に調整しており、出力側で光フィルタ部52から出力されるSSB信号光に足して送出している。この結果、受信側では一般に広く使われている直接検波受信器が使えるため、システム総合で、小型・低コスト化を図ることができる。

【0052】

上記説明ではマッハツエンダ干渉計を駆動するデータ信号をNRZ信号としたがRZ信号でも「 $\pi/2$ 」の位相差を付与するビット遅延器で0.25ビットの遅延を与えることにより、同様の効果を発揮することができる。

【 0 0 5 3 】

次に、図 7 を参照して本発明を R Z データ信号に適用しかつ X カットニオブ酸リチウム基板を用いたものについて説明する。

【 0 0 5 4 】

図 7 では、SSB 光変調器 7 0 は X カットニオブ酸リチウム基板上にマッハツエンダ干渉計 7 1 に駆動用のマッハツエンダ干渉計 7 2, 7 3 を 2 重に集積して備えている。SSB 光変調器 7 0 には半導体レーザ 8 0 から搬送波光が入力し、生成された SSB 信号光は光フィルタ 8 1 を介して出力される。

【 0 0 5 5 】

RZ データ信号は、NRZ 符号のデータ信号とクロック信号とを RZ 符号変換器 8 2 に入力して出力として得られる。この RZ データ信号は分岐器 8 3 で分岐される。一方の RZ データ信号は、増幅器 8 4 で適切に増幅され、バイアス電圧が足されることにより RZ データ信号 s 5 が生成される。他方の RZ データ信号は、0.25 ビット遅延器 8 5 を介したのちに増幅器 8 6 で適切に増幅され、バイアス電圧が足されることにより 0.25 ビット遅延 RZ データ信号 s 6 が得られる。パルスのデューティ比が 50 % の RZ データ信号の場合、0.25 ビット遅延が最適となる。

【 0 0 5 6 】

また、このように、X カットニオブ酸リチウム基板を用いて SSB 光変調器 7 0 を作成した場合、X カット基板を用いることにより、単一電極駆動でチャープのない位相変調が可能となる。この結果、駆動信号がそれぞれ一つずつで済むため装置が簡略化される。X カット基板の使用は RZ 符号に限らず、NRZ 符号およびその他の符号に対しても有効である。

【 0 0 5 7 】

図 8 に、図 7 に示す RZ データ信号を用いたときの SSB 信号光の光スペクトル、フェイザー表示、およびホモダイン検波受信波形を示す。ホモダイン検波することによって RZ データ信号がほぼ完全に復調されていることがわかる。

【 0 0 5 8 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらの構成に限定さ

れるものではなく、いろいろな変形が可能である。

【0059】

信号光の波長は通常光通信で使われる $1.55\mu\text{m}$ に限定されるものではなく、どのような波長でもかまわない。

【0060】

ビットレイトとして 10Gb/s の結果について示したが、これに限定されるものではなく、これより速くても遅くてもよい。勿論、波長分割多重 (WDM) 光通信にも適用できる。

【0061】

データ信号として NRZ 信号と RZ 信号とについて言及したが、これに限定されるものではなく、デュオバイナリ符号など、いかなる符号系列でも適用可能である。

【0062】

また、 0.5 ビット遅延器 9 および 0.25 ビット遅延器 28 の位置は、分岐したどちらのデータ信号に対してでもよく、またその遅延量も相対的に 0.5 ビットまたは 0.25 ビットになっていればよい。また、光位相を 90 度シフトさせる動作も、マッハツエンダ干渉計のどちらのアームに対してでもよく、合波するときの両アームの光の相対位相差が 90 度であればよい。

【0063】

また、SSB 光変調器がニオブ酸リチウム基板を用いて作成されると説明したが、光半導体基板、有機材料基板、石英基板など、光変調器が実現できる材料であればどのようなものでもよい。

【0064】

また、駆動振幅は必ずしも半波長電圧 ($V\pi$) と一致している必要はない。例えば電圧 $V\pi$ よりも小さい駆動振幅で変調する場合には、マッハツエンダ変調器の非線形性が緩和され、光スペクトルも狭くなる。

【0065】

光フィルタの制御方法として、正弦波信号で光フィルタの中心周波数を微小変調し同期検波で最適点を探すような制御方法があるが、または最小値（または最

大値) 制御法である「山登り法」など、最小値に制御できる方法であれば、いかなる制御方法でも適用可能である。

【0066】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、次のような効果を得ることができる。

【0067】

第1の効果は、90度ハイブリッド回路を用いずに、狭帯域性に優れたSSB信号光を発生させることのできるSSB信号光の生成方法を提供することができることである。

【0068】

その理由は、90度の位相差を、ビット周期の「 $\pi/2$ 」分だけビット遅延させることにより、簡単に、容易に得ているからである。

【0069】

第2の効果は、マッハツエンダ干渉計の正弦波状の電圧-光出力特性に起因する非線形性のために残留する余分な高周波成分を除去できることである。

【0070】

その理由は、生成されるSSB信号光に光フィルタを用いる際、出力をフィードバックして光フィルタまたは搬送波周波数を制御し、残留強度変調成分の大きさが常に最小となるようにしているからである。

【0071】

第3の効果は、装置が簡略化されることである。

【0072】

その理由は、90度の位相差をビット遅延器により得ることができる、ホモダイン検波受信に必要な局部発振光を合波することにより総合的に小型化、低コスト化が図れる、またはXカット基板を用いることにより駆動信号が半減できるからである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の一形態を示すブロック図である。

【図 2】

図 1 の光変調器で生成される S S B 信号光を中心周波数「+ 1 . 9 G H z」により光フィルタを通過させた際の光スペクトル、フェイザー表示、残留強度変調成分、およびホモダイン検波受信波形を示す図である。

【図 3】

図 2 において中心周波数「+ 4 . 4 G H z」を用いた場合の図である。

【図 4】

図 2 において中心周波数「+ 6 . 9 G H z」を用いた場合の図である。

【図 5】

図 1 とは別の、本発明の実施の一形態を示すブロック図である。

【図 6】

図 1 および図 5 とは別の、本発明の実施の一形態を示すブロック図である。

【図 7】

図 1、図 5、および図 6 とは別の、本発明の実施の一形態を示すブロック図である。

【図 8】

図 7 において光フィルタを通過させたのちの S S B 信号光の光スペクトル、フェイザー表示、およびホモダイン検波受信波形を示す図である。

【図 9】

従来の一例を示すブロック図である。

【図 1 0】

図 9 とは別の従来の一例を示すブロック図である。

【図 1 1】

従来 of S S B 信号光発生部に入力するデータ信号を 1 0 G H z に設定した一例を示す機能ブロック図である。

【図 1 2】

図 1 1 に示される S S B 信号光発生部で生成した S S B 信号光のフェイザー表示を示す図である。

【図 1 3】

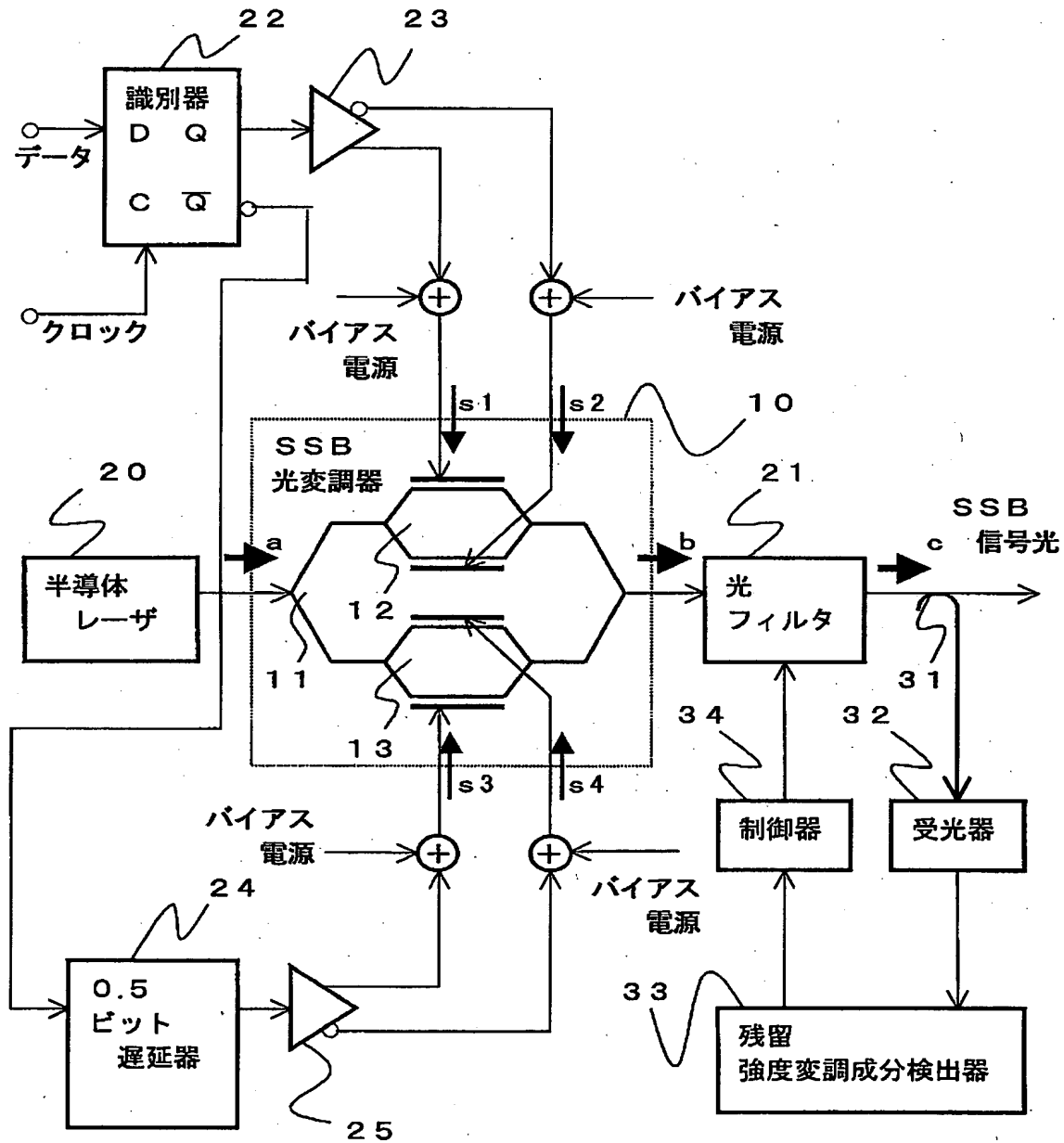
図 1 1 に示される S S B 信号光発生部で生成した S S B 信号光の光スペクトルおよびホモダイン検波受信波形を示す図である。

【符号の説明】

- 1 0、5 0、7 0 S S B 光変調器
- 1 1、1 2、1 3、7 1、7 2、7 3 マッハツエнда干渉計
- 2 0、4 0、6 0、8 0 半導体レーザ
- 2 1、4 1、8 1 光フィルタ
- 2 2 識別器
- 2 3、2 5 相補出力増幅器
- 2 4 0. 5 ビット遅延器
- 3 1 光分波器
- 3 2、6 1 受光器
- 3 3、6 2 残留強度変調成分検出器
- 3 4、4 3、6 3 制御器
- 5 1 光変調部
- 5 2 光フィルタ部
- 5 3 局部発振光路
- 8 2 R Z 符号変換器
- 8 3 分岐器
- 8 4、8 6 増幅器
- 8 5 0. 2 5 ビット遅延器

【書類名】 図面

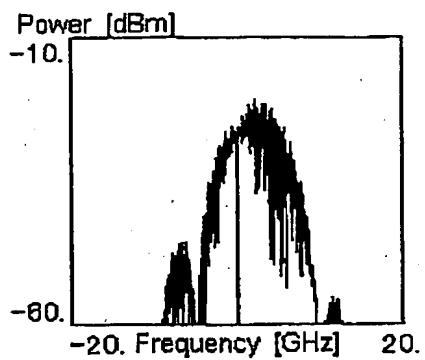
【図 1】



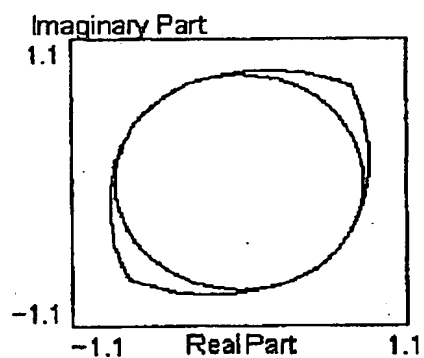
【図 2】

光フィルター中心周波数 (+1.9GHz)

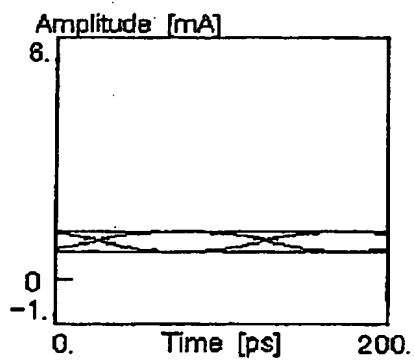
光スペクトル



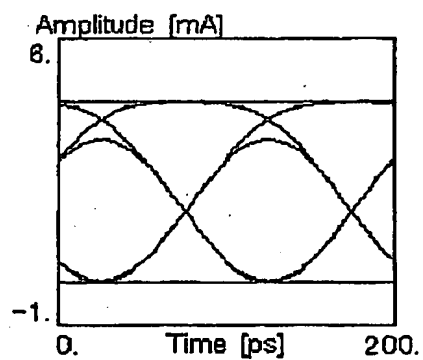
フェイザー表示



残留強度変調成分



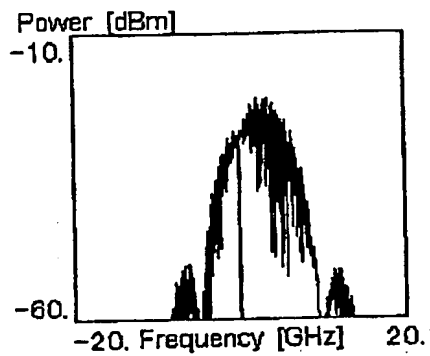
ホモダイン検波受信波形



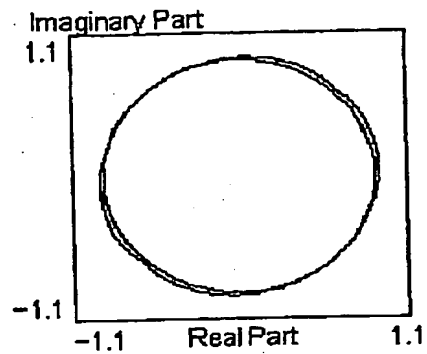
【図 3】

光フィルター中心周波数 (+4.4GHz)

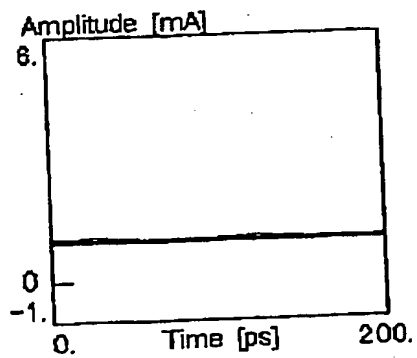
光スペクトル



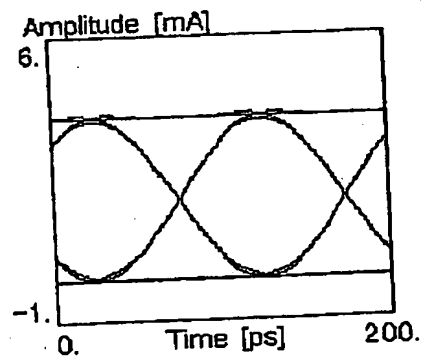
フェイザー表示



残留強度変調成分



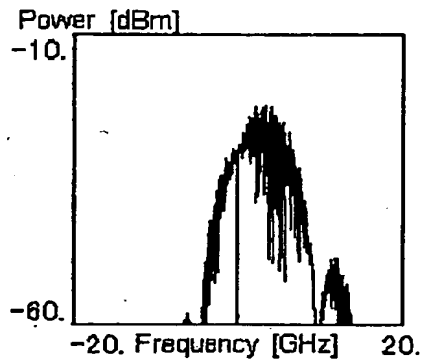
ホモダイン検波受信波形



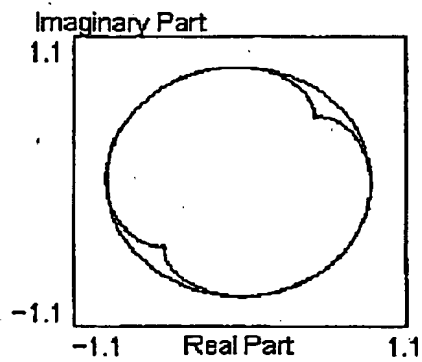
【図4】

光フィルター中心周波数 (+6.9GHz)

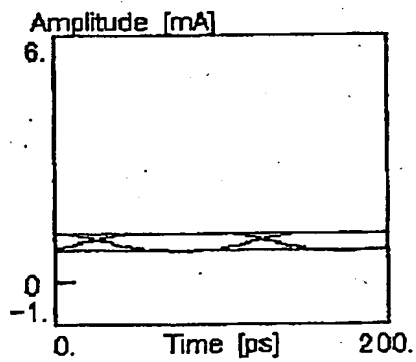
光スペクトル



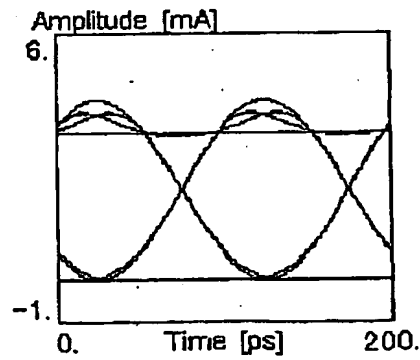
フェイザー表示



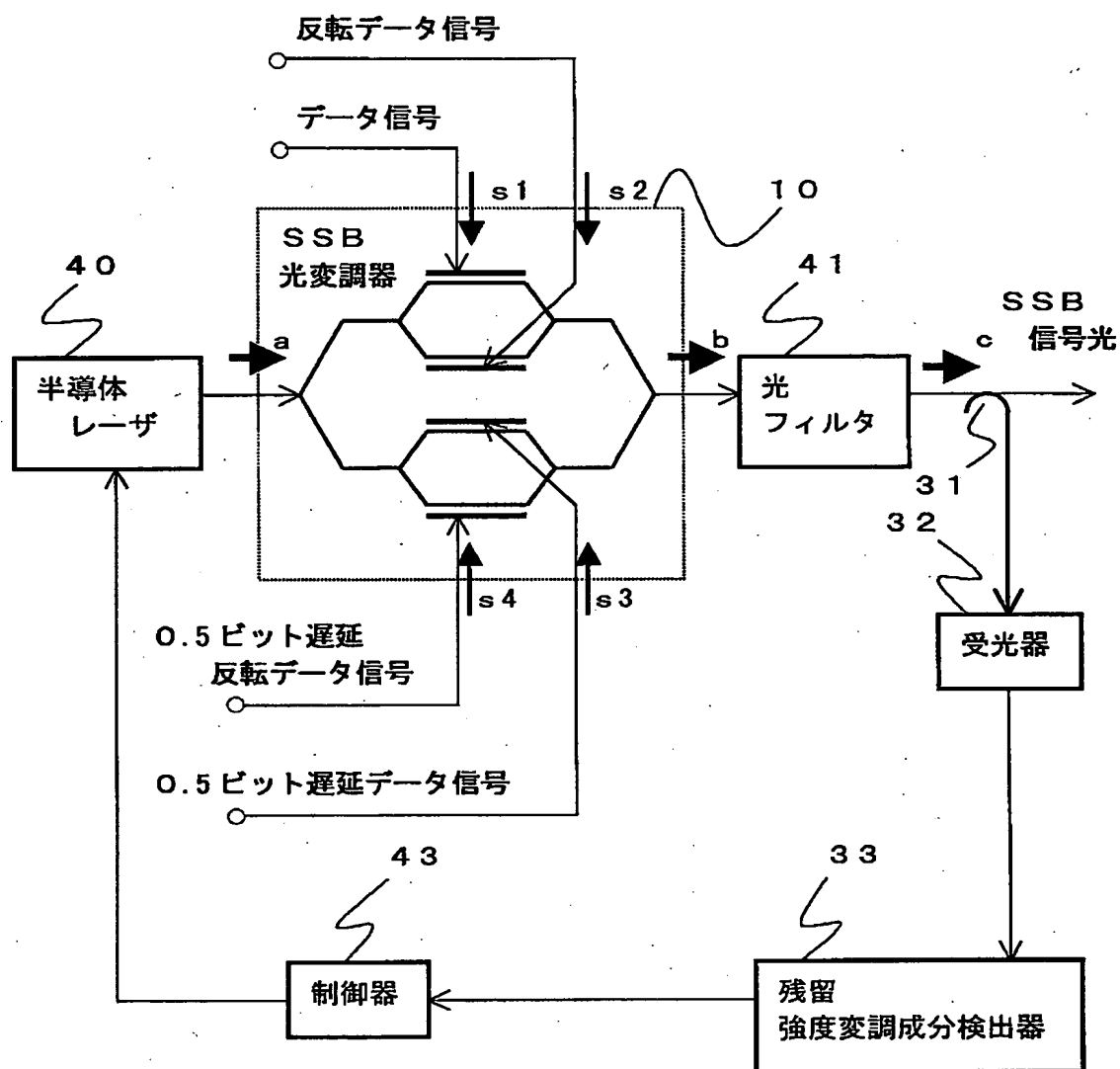
残留強度変調成分



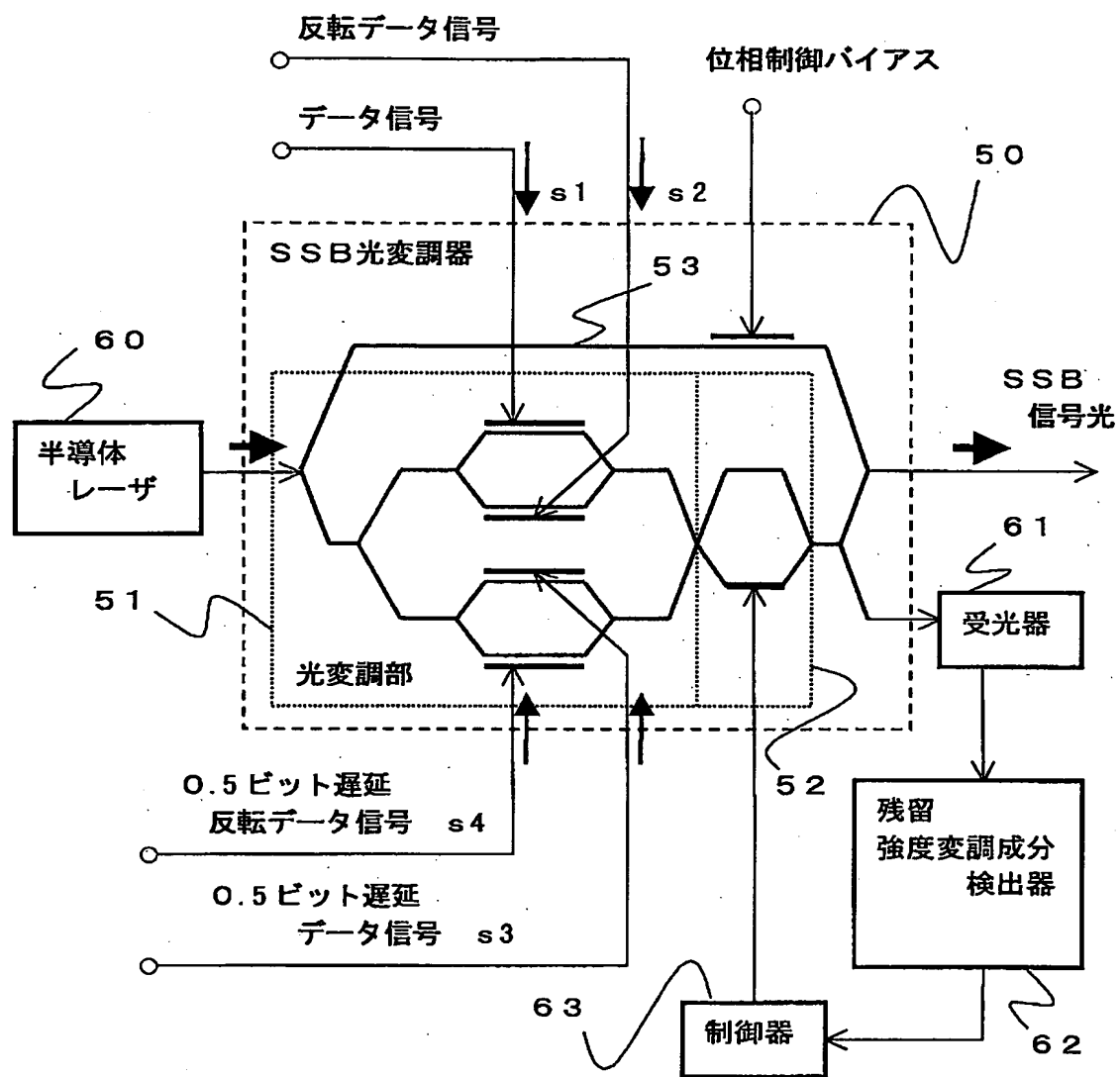
ホモダイン検波受信波形



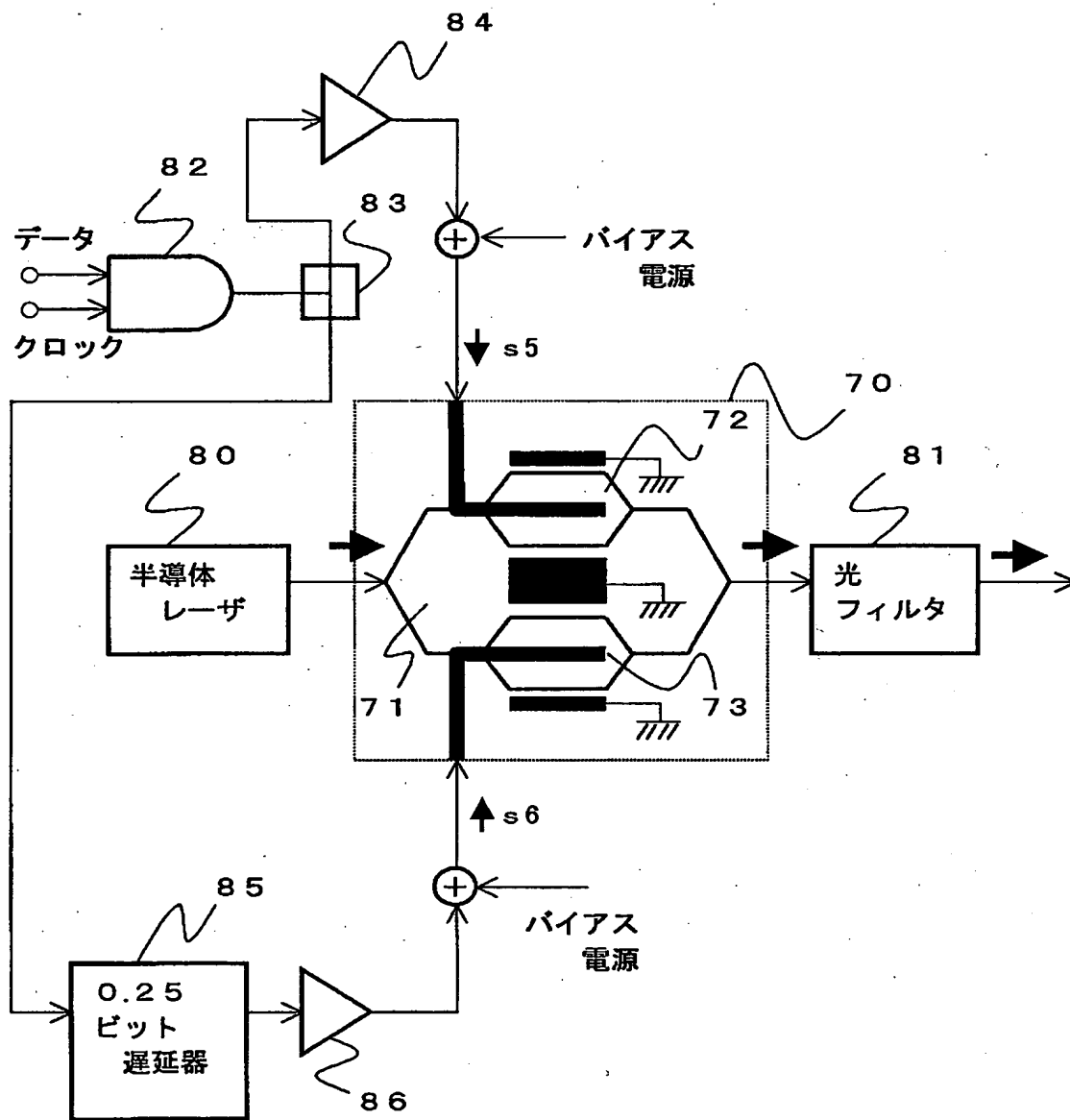
【図5】



【図 6】

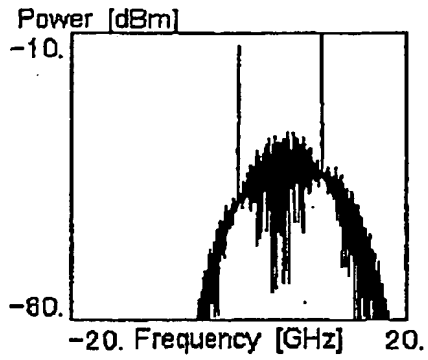


【図 7】

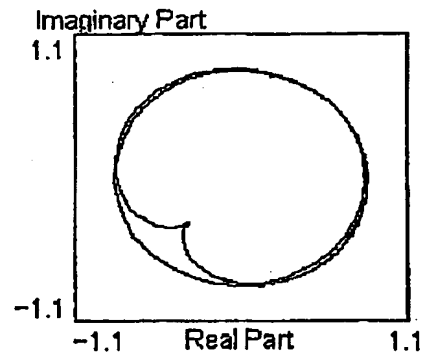


【図 8】

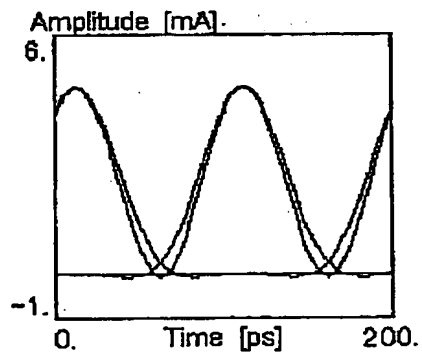
光スペクトル



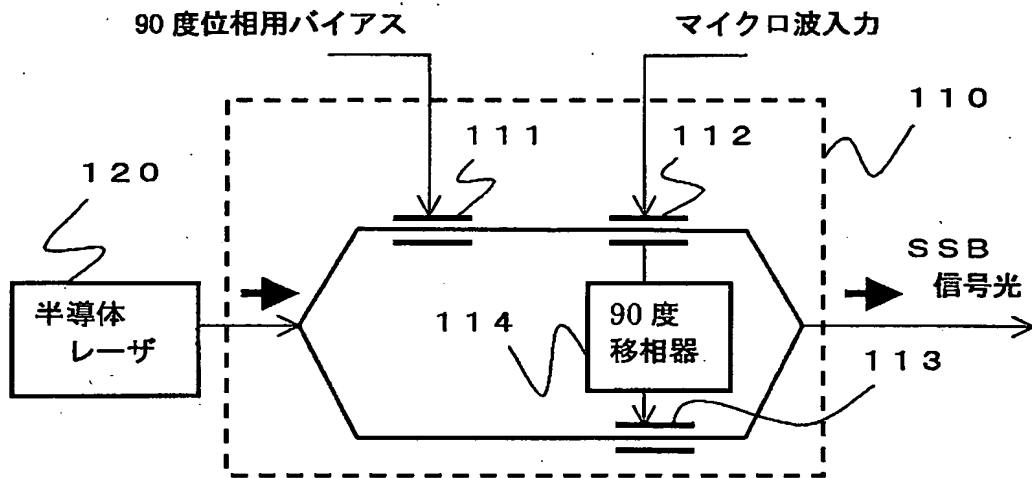
フェイザー表示



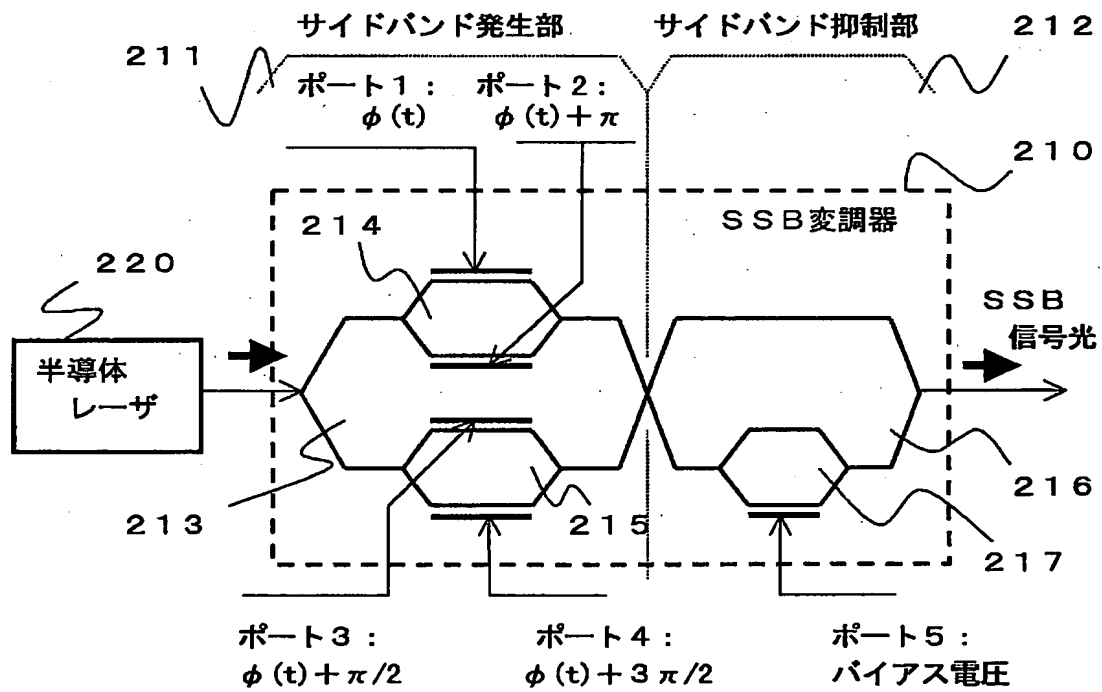
ホモダイン検波受信波形



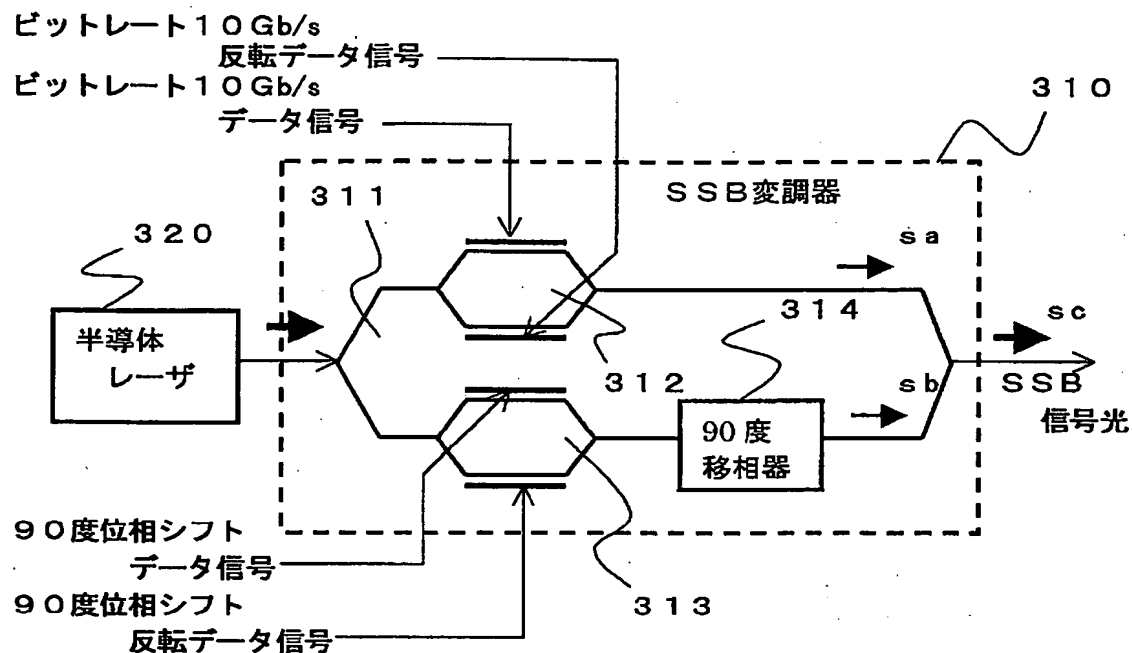
【図9】



【図10】

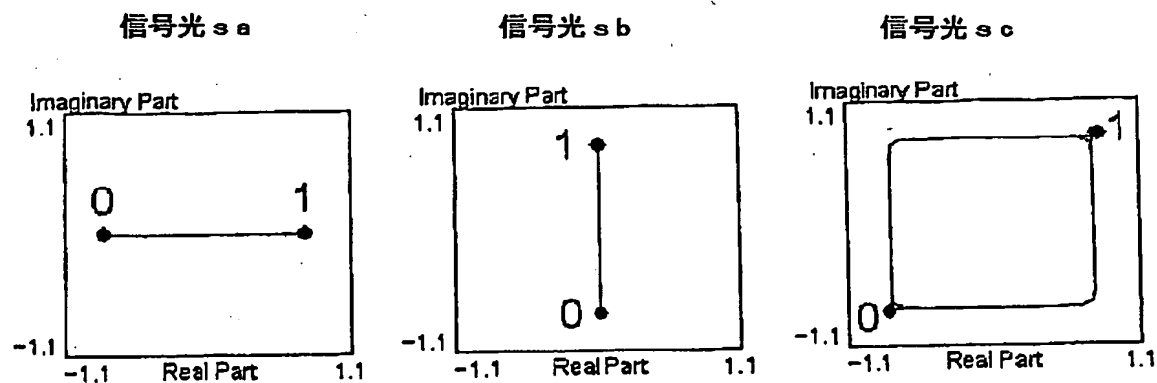


【図 1 1】



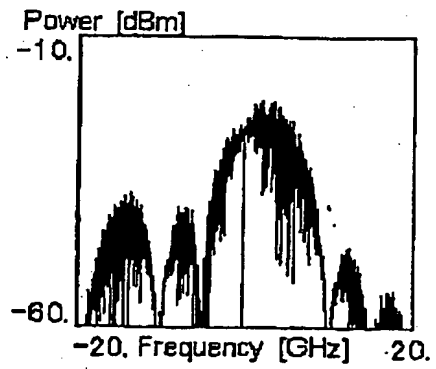
【図 1 2】

フェイザー表示



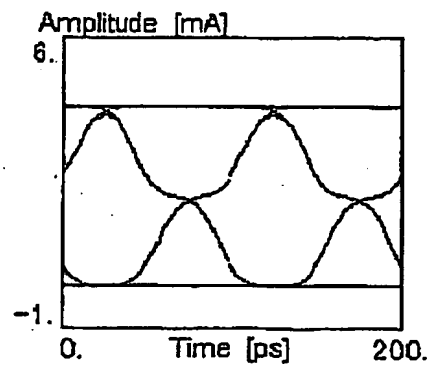
【図 13】

光スペクトル



↑
光搬送波周波数

ホモダイン検波受信波形



(ビットレート 10 Gb/s)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 90度ハイブリッド回路を用いずに比較的簡単な構成で狭帯域性に優れたSSB信号光を発生させ更に余分な高周波成分を大幅に除くことができる。

【解決手段】 NRZ信号で入力する10Gb/sのデータ信号s1, s2に対して90度位相差を有するデータ信号を、入力するデータ信号のビット周期に対して「 $\pi/2$ 」時間の遅延を得る0.5ビット遅延器24により0.5ビット遅延データ信号s3, s4として生成し、更に、生成されたSSB信号光bを、光フィルタ21を介して出力している。残留強度変調成分を取り除くために、出力するSSB信号光cをフィードバックさせて、光フィルタ21の中心周波数を適切に調整している。光フィルタ21の中心周波数の代わりに、半導体レーザ20の搬送波出力周波数を調整してもよい。入力データ信号をRZ信号とした場合には、0.25ビット遅延器が用いられる。

【選択図】 図1

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）
【提出日】 平成13年 5月10日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2001- 57788
【承継人】
 【識別番号】 301022471
 【氏名又は名称】 独立行政法人通信総合研究所
【承継人代理人】
 【識別番号】 100082669
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 福田 賢三
【提出物件の目録】
 【物件名】 権利の承継を証明する書面 1
 【援用の表示】 平成13年5月10日提出の特願2000-15417
 6 出願人名義変更届（一般承継）に添付のものを援用する。
 【物件名】 委任状 1
 【援用の表示】 平成13年5月10日提出の特願2000-15417
 6 出願人名義変更届（一般承継）に添付のものを援用する。
【ブルーフの要否】 要

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-057788
受付番号	50100671120
書類名	出願人名義変更届(一般承継)
担当官	田口 春良 1617
作成日	平成13年 6月19日

<認定情報・付加情報>

【承継人】

【識別番号】	301022471
【住所又は居所】	東京都小金井市貫井北町4-2-1
【氏名又は名称】	独立行政法人通信総合研究所
【承継人代理人】	申請人
【識別番号】	100082669
【住所又は居所】	東京都港区西新橋1-6-13 柏屋ビル
【氏名又は名称】	福田 賢三

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000183266]

1. 変更年月日 2000年11月 2日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都千代田区神田美土代町1番地
氏 名 住友大阪セメント株式会社
2. 変更年月日 2001年 7月24日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都千代田区六番町六番地28
氏 名 住友大阪セメント株式会社
3. 変更年月日 2001年 8月23日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都千代田区六番町6番地28
氏 名 住友大阪セメント株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [301001775]

1. 変更年月日	2001年 1月12日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都小金井市貫井北町4-2-1
氏 名	総務省通信総合研究所長

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [301022471]

1. 変更年月日	2001年 4月 2日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都小金井市貫井北町4-2-1
氏 名	独立行政法人通信総合研究所